

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №4, Том 13 / 2021, No 4, Vol 13 <https://esj.today/issue-4-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/06SAVN421.pdf>

DOI: 10.15862/06SAVN421 (<https://doi.org/10.15862/06SAVN421>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Глухих Д.И., Глухих И.Н. Интерактивная модель авторасчета комплексной стоимости строительства кустовой площадки скважин // Вестник Евразийской науки, 2021 №4, <https://esj.today/PDF/06SAVN421.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/06SAVN421

For citation:

Glukhikh D.I., Glukhikh I.N. (2021). The interactive model for automatic calculation of the well cluster construction complex cost. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(13). Available at: <https://esj.today/PDF/06SAVN421.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/06SAVN421

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Тюменской области в рамках научного проекта № 20-47-720004

УДК 608.2

Глухих Дмитрий Игоревич

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия
Лаборант-исследователь
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Строительный институт, магистрант
E-mail: gluhidmitry@gmail.com

Глухих Игорь Николаевич

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия
Заведующий кафедрой «Информационных систем»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: igluh@utmn.ru

Интерактивная модель авторасчета комплексной стоимости строительства кустовой площадки скважин

Аннотация. В настоящее время компании, специализирующиеся на добыче углеводородов, вынуждены переходить к освоению сложных месторождений. Сложность складывается из нескольких факторов: особенности геологических условий, удаленное географическое положение, особенности рельефа. Для освоения новых нефтегазовых месторождений необходимы подходы к проектированию, обеспечивающие максимальную рентабельность на сложных активах. Одним из перспективных направлений развития является цифровизация и автоматизация процессов проектирования. В работе предложен новый подход к оценке капитальных затрат при проектировании кустовых площадок скважин на месторождении. Предложен новый способ расчета затрат и ограничений на этапе локальной оптимизации кустовой площадки с учетом детальной топографии и доступности ресурсов через цифровизацию и автоматизацию. Задача решена с помощью интерактивной онтологической модели с заложенными базами знаний и алгоритмами расчета. Произведена апробация модели на месторождении, оценены возможные риски применения модели, получена достаточная точность получаемых значений. Результаты работы позволяют усовершенствовать этап локальной оптимизации местоположения кустовой площадки и принимать решение о расположении площадки с учетом комплексного многофакторного анализа затрат в отношении: бурения, инженерной подготовки, отсыпки дороги, подвода коммуникаций, доступности ресурсов и непредвиденных возможных затрат. Работа поддерживает тенденции цифровизации

и автоматизации технологических и бизнес-процессов. Разработанная модель позволила оцифровать этап локальной оптимизации места размещения кустовой площадки, автоматизировать многофакторный расчет затрат и ограничений. Результаты служат основой дальнейшей полной автоматизации размещения кустовой площадки с учетом детальной топографии и доступности ресурсов.

Ключевые слова: строительство кустовой площадки; обустройство месторождений; куст скважин; капитальные затраты; проектирование; инженерная подготовка; бурение

Введение

В настоящее время компании, специализирующиеся на добыче углеводородов, вынуждены переходить к освоению сложных месторождений. Сложность складывается из нескольких факторов: особенности геологических условий, удаленное географическое положение, особенности рельефа. Запасы легкодоступной нефти на исходе во всем мире [1] и новые месторождения требуют инновационных методов разработки и обустройства. Для максимально рентабельного освоения таких месторождений необходимы новые подходы к проектированию, снижающие операционные и капитальные затраты [2–4].

Весомой статьёй капитальных затрат при освоении месторождений является бурение и строительство скважин. В большинстве проектов реализуется кустовое бурение, при котором устья скважин группируются на общей кустовой площадке, а конечные забои находятся в точках, соответствующих проектам разработки месторождения¹.

Общие затраты на строительство скважин включают две основные части: подземная и наземная. К подземной относятся затраты на бурение, закрепление ствола скважин, различные внутрискважинные операции. К наземной — подвод дороги, коммуникаций и строительство кустовой площадки.

Строительство кустовой площадки подразумевает строительные-монтажные работы (установка необходимого оборудования, обвязка скважин) и инженерную подготовку. Инженерная подготовка — это комплекс инженерных мероприятий по освоению и защите территории, обеспечивающих размещение объектов площадки. В этот комплекс работ может входить: привоз песка, устройство насыпи, вертикальная планировка участка, вывоз земли, а также другие работы, связанные с повышением стабильности земляного основания строительной площадки. Важно отметить, что затраты на инженерную подготовку для участка одной площади могут сильно варьироваться в зависимости от типа местности и удаленности ресурсов.

Для выбора максимально рентабельного места необходимо комплексно оценивать затраты на бурение, инженерную подготовку, подвод дороги и коммуникаций с учетом вариативности затрат: детальная топография, доступность материалов, стоимость работ.

На данный момент методы и программные комплексы направлены на решение более глобальных задач, таких как оптимизация траекторий скважин, оптимизация количеств кустовых площадок, составления рейтингов забоев, их ранжирование [5–9]. В то время как задачи оптимизации расположения КП не рассматриваются на должном уровне.

¹ Кустовое бурение. 2013. Техническая библиотека. Доступно по адресу: <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/141806-kustovoe-burzenie/> (дата обращения 05.04.2021).

Существующие методы кустования включают три основных этапа:

1. Определение скважинной сетки, типа окончания, профиля скважин.
2. Первоначальное размещение кустов и распределение скважин по кустам.
3. Локальная оптимизация расположения КП.

Цель первых двух этапов — обеспечить планируемую разработку, достижение целевых интервалов, оптимизировать количество КП и общую длину бурения. Этапы реализуются, как правило, в программных комплексах в автоматизированном порядке.

Цель локальной оптимизации — размещение КП в наиболее рентабельном месте с учетом различных факторов затрат на инженерную подготовку и возможных ограничений. Процессы локальной оптимизации выходят за рамки программных комплексов и подразумевают ручные итерационные действия специалистов: концептуального инженера по бурению и инженера по проектно-изыскательским работам (ПиР).

Несмотря на достигнутые успехи в области цифровизации разработки кустования и обустройства, задачи нижнего уровня до сих пор не решены в полной мере и требуют дополнительных исследований. Данная работа посвящена задачам уровня поддержки принятия решений при размещении кустовой площадки на этапе локальной оптимизации. В качестве базы для этого рассматривается онтологический подход.

Целью данной работы является цифровизация этапа локальной оптимизации кустовой площадки и автоматизация расчетов капитальных затрат с учетом детальных факторов стоимостей и ограничений в области бурения и строительно-монтажных работ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить факторы капитальных затрат кустовой площадки, их взаимосвязи, определить возможные ограничения.
2. Формализовать факторы с помощью онтологической модели.
3. Интегрировать стоимостные модели, формулы, автоматизировать процесс расчета.
4. Произвести апробацию модели на месторождении Н.
5. Оценить точность и риски.

Методы и материалы

Для комплексного анализа факторов затрат и ограничений в рассматриваемой области необходима формальная модель представления ситуаций, которые возникают при размещении кустовой площадки.

При этом мы принимаем, что кустовая площадка является сложным технологический объектом и включает в себя комплекс элементов разного типа, такие как скважины, дорога, коммуникации и непосредственно территория площадки. Элементы в свою очередь при более детальном рассмотрении так же будут являться сложными объектами. Формально представить состояние сложного технологического объекта, его элементов и связей между ними позволит его онтологическая модель. Под ситуацией в данном случае будем понимать затраты и ограничения, которые определяются конкретным расположением кустовой площадки на местности.

За основу разработанной интерактивной модели капитальных затрат и ограничений кустовой площадки принята ранее представленная обобщенная онтологическая модель сложного технологического объекта, представленная в работе [10].

Эта модель представляет сложный технологический объект через совокупность элементов и отношений между ними, где в число элементов включаются не только технологическое оборудование, но и операционное окружение, организационные системы и иной контекст, влияющий на принятие решений.

Согласно этому подходу в данной работе кустовая площадка представляется как сложный технологический объект, который должен быть построен, и элементы которого определяют затраты на строительство. Такими элементами в данном случае являются сама территория земельного отвода, а также скважины, коммуникации (трубопроводы, линии электропередачи), дороги и элементы внешнего окружения (магистральный трубопровод, подъездные пути, иная существующая инфраструктура). Состояние всех этих элементов и связи между ними в каждом конкретном проекте определяют тот контекст, который влияет на затраты и принятие решений о местоположении кустовой площадки.

Структура капитальных затрат отображены в схеме, которая наглядно отображает дивергентную структуру капитальных вложений и их зависимости и позволяет выбрать наиболее рентабельное место с учетом минимизации или замещения тех работ, которые в конкретном случае имеют значительную стоимость и удельный вес.

Для принятия решения при локальной оптимизации местоположения КП было принято решение выделить только вариативные затраты, которые изменяются при локальном перемещении КП. Интерактивная модель не отображает постоянные капитальные вложения, такие как внутривысотное оборудование, которое всегда будет присутствовать независимо от местоположения площадки.

Разработанная интерактивная модель вмещает 4 основных блока вариативных затрат и ограничений:

- Отсыпка и подвод дороги.
- Бурение и строительство скважин.
- Подвод коммуникаций.
- Прочие затраты.

Основные блоки представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные блоки интерактивной модели вариативных капитальных затрат на КП (составлено автором)

Каждый блок включает в себя техническую часть (формулы, условия) и базу знаний со стоимостными моделями по занесенным видам работ и сметными расценками по отдельным видам работ и материалам.

Стоимостные модели представляют собой сметы, осредненные показатели сметных расчетов наборов работ, ценовых показателей по бурению. Интерфейс позволяет задать плечо возки (дальность возки), стоимости материалов, индексы СМР, присутствует опциональная возможность добавления работ. Интерактивная модель также отображает различные ограничения и поддерживает их ручное задание. Ограничения потребуют от специалиста принятия экспертного решения о целесообразности расположения КП в данном месте, либо укажут на невозможность реализации.

Алгоритм действия подразумевает пять основных шагов:

1. Ввод исходных данных для вариантов расположения кустовой площадки (Площадь КП, длина подвода коммуникаций и дороги).
2. Настройка (ввод: дополнительные работы, плечо возки, актуальная стоимость песка, индекс СМР, высота отсыпки).
3. Автоматический расчет вариативных затрат.
4. Автоматический вывод сравнительных вариативных затрат и ограничений для вариантов.
5. Экспертное итоговое сравнение результатов.

Далее на примере рассмотрим применимость модели и принцип работы.

Результаты

Рассмотрим пример — проект расположения кустовой площадки с разработанной рабочей документацией. Месторождение Н — сложный рельеф (болота, холмы, ручьи, островное распространение ВМГ). Зона размещения кустовой площадки по концепту — частично на холме. По итогу разработки рабочей документации предполагаемые затраты увеличены почти в 2 раза из-за конкретизации затрат на вертикальную планировку — срезку холма и вывоз грунта на полигон в 50 км. Итоговые затраты на инженерную подготовку площадки составили 198 млн рублей согласно сметной документации.

Для оценки качества работы модели в рамках месторождения Н сравним показатели локальных сметных расчетов с показателями модели.

Рассмотрим первый блок вариативных затрат: «Затраты на отсыпку, конструкцию полотна насыпи куста».

Плечо возки (дальность доставки ресурса) можно указать с ранжированием 5 км (ранжирование 5 км после дальности 10 км), модель, обратившись к занесенной базе знаний со сметными ценами, рассчитает стоимость доставки.

В процессе расчета модель в зависимости от типа местности так же добавит в итоговые затраты дополнительные работы, что отразится на итоговых затратах. В зависимости от типа местности могут добавиться: работы по укладке сланей (древесина в качестве укреплений насыпи), работы по дополнительным укреплениям, увеличится объем песка.

В качестве местности для модели рассмотрены следующие типы²:

- Болото (1–3 типа).
- Сырые места (Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы с признаками поверхностного заболачивания, весной и осенью появляются застои воды на поверхности).
- Мокрые места (Поверхностный сток не обеспечен. Грунтовые или длительно стоящие (более 20 суток) поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов. Почвы торфяные оглеенные, с признаками заболачивания).
- Сухие места (суходол) (Без избыточного увлажнения. Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов).
- Водоем.

Зададим данные для исходного положения: площадь КП, плечо возки песка, дальность до полигона. Укажем стоимость песка и индекс к сметной стоимости СМР. Также произведем настройку: т. к. на площадке присутствует резкое возвышение, добавим работы по срезке и вывозу грунта, указав процент срезаемой площади от общей площади грунта и поставив галочку в соответствующее окно. Высоту срезаемого грунта не изменяем, оставляем 6 м по умолчанию.

После настройки блок отразит вариативные затраты на инженерную подготовку кустовой площадки (рис. 2).

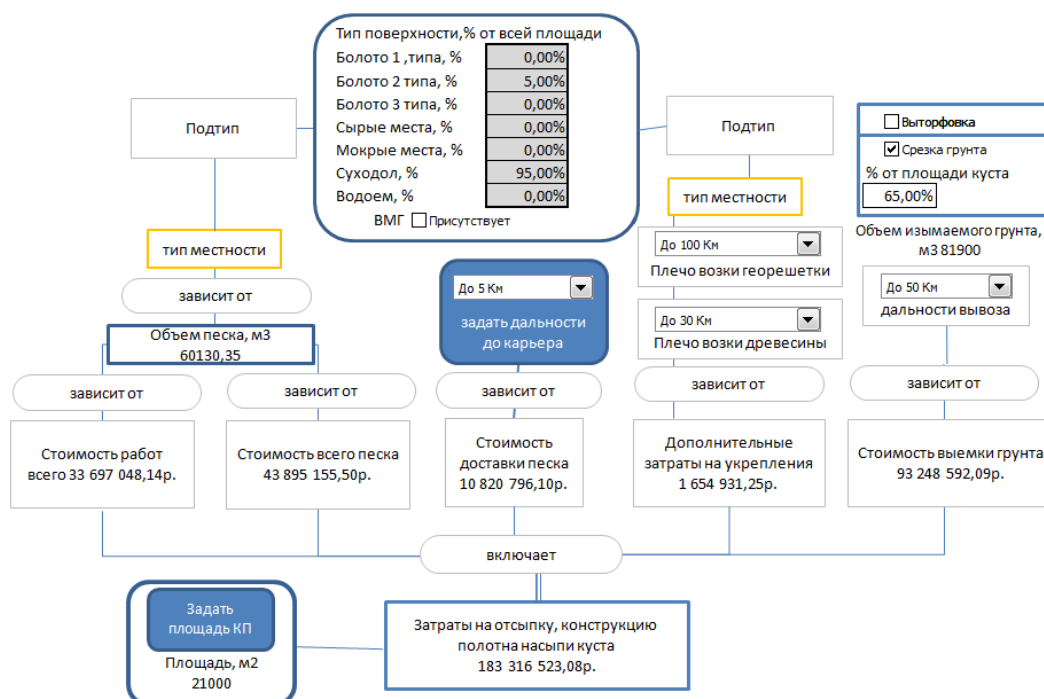


Рисунок 2. Интерфейс: блок «Затраты на отсыпку, конструкцию полотна насыпи куста» (разработано автором)

² Временные указания по применению синтетических нетканых материалов при строительстве грунтовых дорог и оснований под кусты скважин в условиях западной Сибири. Документация Доступ по адресу: <https://files.stroyinf.ru/Data1/45/45149/> (дата обращения 01.02.2021).

Для оценки точности выведенных затрат сравним показатели с локальным сметным расчетом (ЛСР) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение затрат на ИП

Данные ЛСР, тыс. руб.	Данные модели, тыс. руб.	Отклонение
198 850,167	183 316,523	9,5 %

Разработано автором

Отклонение в затратах составляет менее 10 %, что говорит о достаточном индексе cost variances (CV).

Далее рассмотрим блок «Затраты на дорогу» (рис. 3). В модели зададим длину и укажем покрытие из разработанной документации (щебень). Укажем процент местности от длины дороги, процент принимается конструктивно исходя из топографической карты.

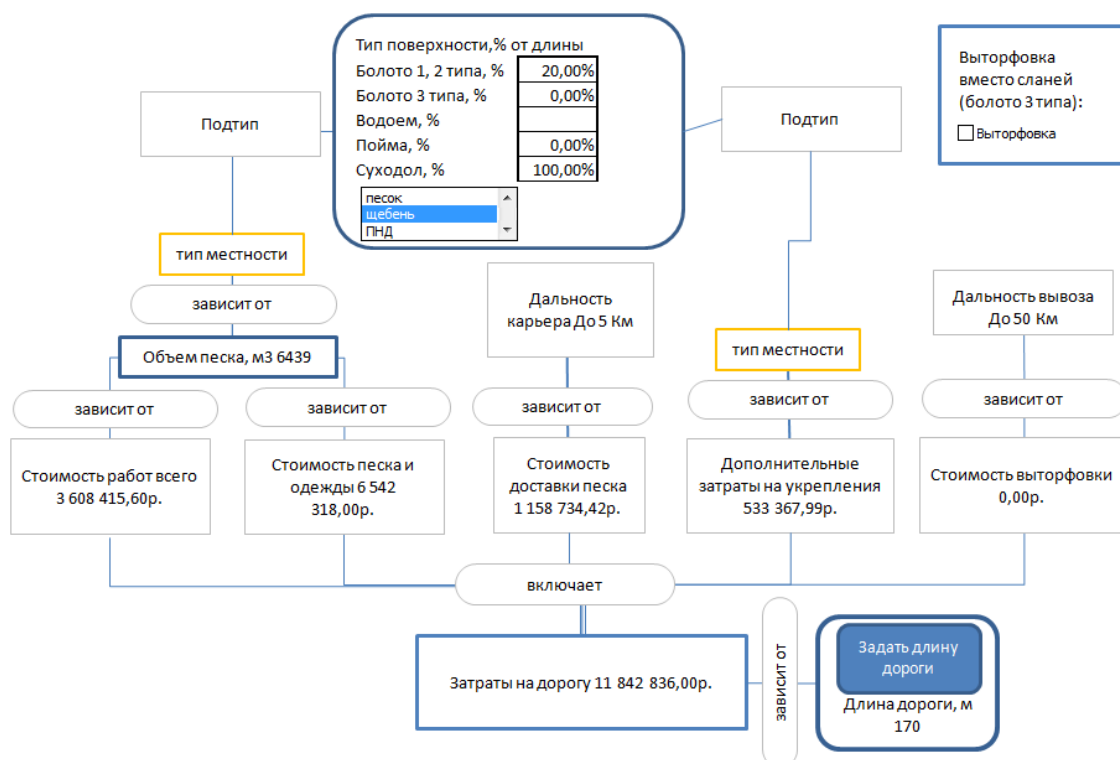


Рисунок 3. Интерфейс: блок «Затраты на дорогу» (разработано автором)

Для оценки точности выведенных затрат сравним показатели с локальным сметным расчетом (ЛСР) (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение затрат на дорогу

Данные ЛСР, тыс. руб.	Данные модели, тыс. руб.	Отклонение
12 265,038	11 842,836	3,5 %

Разработано автором

Отклонение в затратах составляет менее 10 %, что говорит о достаточном индексе cost variances (CV).

Следующим блоком рассмотрим затраты, связанные с бурением и строительством скважин. Данный блок основывается на осредненных стоимостях по суточной ставке бурения, стоимостях буровых труб и труб НКТ. Значения для рассматриваемого кейса представлены на

рисунке 4. В рассматриваемом случае на площадке располагаются 6 скважин с горизонтальным участком 1600 м.

Интерактивным является ввод параметров скважин:

TVD — глубина подошвы пласта по вертикали;

KOP — глубина начала набора угла;

A — отход скважины от вертикали, м;

Lгор — длина горизонтального участка, м.

Длина горизонтального участка, точка отхода может вычисляться через координаты. Данные заносятся в отдельном окне.

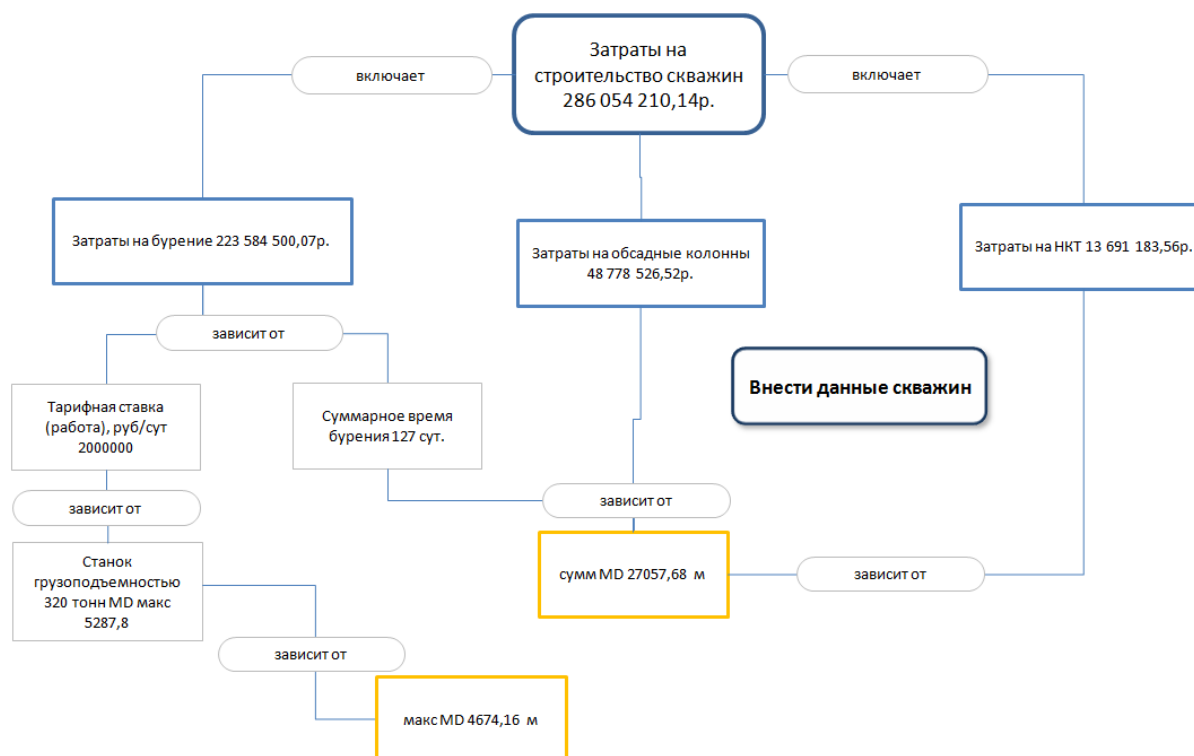


Рисунок 4. Интерфейс: блок «Затраты на строительство скважин» (разработано автором)

Данный блок содержит вариативные затраты, касающиеся бурения и строительства скважин. При занесении данных о проектных скважинах модель определяет: максимальную длину, суммарную длину, обращается в базу и определяет станок необходимой грузоподъемности исходя из максимальной длины и правил безопасности.

Также, обращаясь к базе, модель может выдать ограничения, потенциально возникающие при изменении профилей скважин:

- повышение требуемой грузоподъемности буровой установки;
- необходимость дополнительных отклонителей для набора зенитного угла;
- возможный разрыв резьбового соединения насосно-компрессорных труб (НКТ) в результате увеличения азимутального угла;
- возможные ограничения применения скважинных приборов для исследований.

Данные ограничения модель показывает исходя из заданных данных о профилях скважин. Интерфейс задания данных находится в отдельном окне и не представлен иллюстрацией в данной работе.

Следующий блок относится к подводу коммуникаций. Подобно дороге здесь необходимо задать протяженность, кроме этого возможно указать диаметр трубопровода и дополнительные работы, связанные с прокладкой, такие как подземная прокладка, балластировка, переход через препятствия.

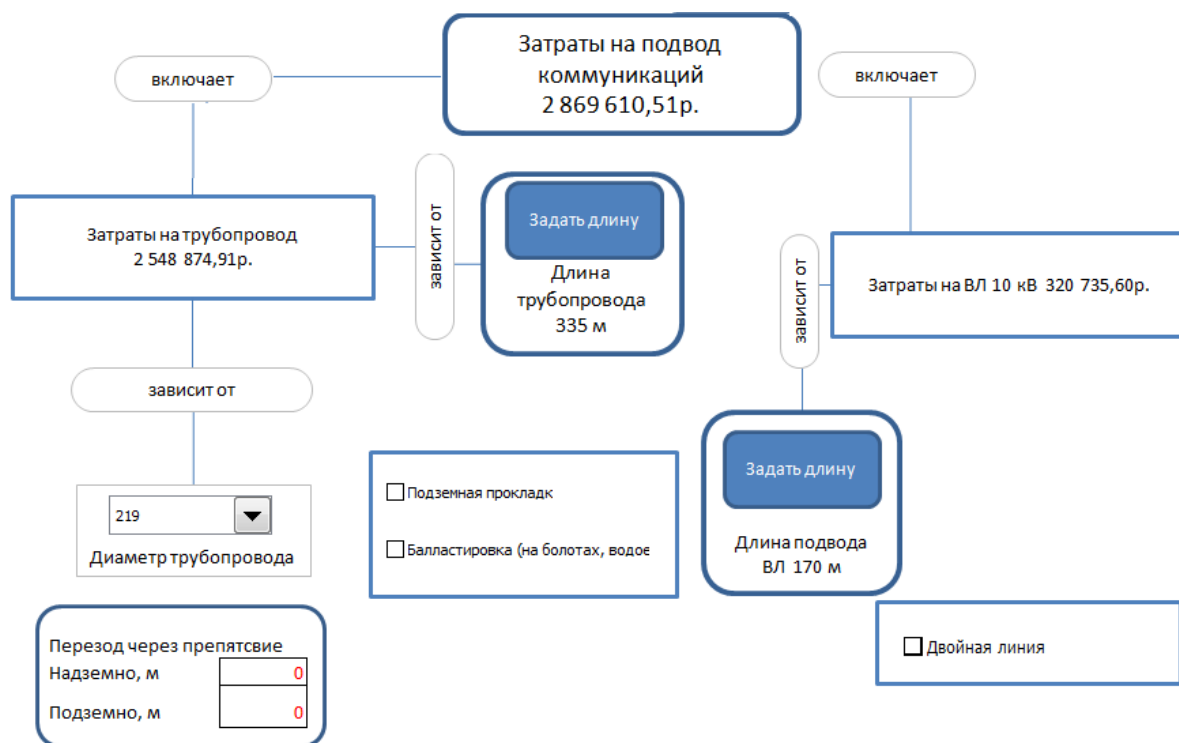


Рисунок 5. Интерфейс: блок «Затраты на подвод коммуникаций» (разработано автором)

При добавлении дополнительных работ модель обратится к базе знаний со сметными расчетами и включит их в общие затраты на прокладку коммуникации.

Последний блок — прочие затраты, который включает в себя выкуп территории, вырубка леса, строительство моста, прочие расходы.

Основываясь на высоком индексе CV для данного проекта, можем полагаться на достаточную точность расчетов модели. Следовательно, используя модель и топографическую карту, выясним, возможно ли найти более рентабельное решение для площадки размещения КП.

Сместим КП с холма в трех направлениях (север, восток, запад) и произведем расчеты, а затем выведем сравнительные показатели. На рисунке 6 представлены матрицы сравнительных вариативных затрат для данной КП, выведенные моделью. В данных матрицах показывается разница по сравнению с базовым вариантом. Также показываются ограничения. Например, в 3-ем варианте для 2-х скважин значительно увеличился азимутальный угол, поэтому для достижения необходимого угла модель высветила ограничение — совет — потребуется укороченный турбобур, способный набирать угол 15 градусов за 100 м.

Спорными оказываются 3 и 4 варианты расположения. 4 вариант, хоть и дешевле на 2,5 млн, но необходима либо перекладка действующих трубопроводов, затраты на которую оценить трудно, либо возведение переезда на ЖБ основе. Его возведение в разы больше

разницы. Соответственно, был выбран 3 вариант как наиболее рентабельный. Не смотря на частичное расположение на болотистой местности, затраты на дополнительные укрепления меньше, чем планировка территории и вывоз грунта на полигон.

Вариант 1. Базовый			Вариант 2		
ИП площадка и подвод дороги	195 159 359 р.		Повышающие затраты		
Строительство скважин	286 054 210 р.		Увеличение длины бурения	2 851 987 р.	Мдсумм + 302 м
Подвод коммуникаций	2 869 610 р.		Подвод коммуникаций	1 888 506,76 р.	Удорожание
Дополнительные затраты	2 236 000 р.	Рубка леса	Понижающие затраты		
Итоговые вариативные затраты на куст 486 319 488 р.			ИП кустовой площадки и подвод дороги	58 042 896,22 р.	Удешевление (не надо срезать холмы и вывозить грунт)
			Итоговые вариативные затраты на куст 436 836 369,37 р.		



Вариант 3			Вариант 4		
Повышающие затраты			Повышающие затраты		
Увеличение длины бурения	562 569,7 р.	Мдсумм + 108 м	Увеличение длины бурения	3 803 865 р.	Мдсумм + 412 м
Увеличение зенитного угла	Требуется: 15°/100м	Требуется укороченный турбобур	Пересечение действующего трубопровода		
Понижающие затраты			Понижающие затраты		
ИП кустовой площадки и подвод дороги	70 103 598,45 р.	Удешевление (не надо срезать холмы и вывозить грунт)	ИП кустовой площадки и подвод дороги	68 508 634,14 р.	Удешевление (не надо срезать холмы и вывозить грунт)
Итоговые вариативные затраты на куст 416 06 6124,53 р.			Итоговые вариативные затраты на куст 413 557 663,06 р.		



Рисунок 6. Матрицы сравнительных вариативных затрат для 4 вариантов размещения КП (разработано автором)

Оценка точности

Чтобы оценить результативную точность затрат модели был определен индекс разницы стоимости для ряда других проектов. Были сравнены затраты, полученные по итогам локальных сметных расчетов (ЛСР) и затраты, полученные моделью. По итогу определены отклонения по каждому проекту и получен средний индекс отклонения стоимости 8,82 %, что говорит о достаточной корректности получаемых с помощью модели значений.

Для определения индекса разницы стоимости была оценена сходимость значений затрат на инженерную подготовку (табл. 3) и подвод дороги (табл. 4).

Таблица 3

Индекс разницы стоимости: инженерная подготовка

Куст	Значения из ЛСР, тыс. руб.	Значения из модели, тыс. руб.	Отклонение
1	198 850,167	183 316,523	9,5 %
2	99 056,193	90 636,417	8,50 %
3	58 076,191	48 943,462	11,00 %
4	50 023,383	43 520,343	13,1 %
Одна скв.	2 925,206	2 837,450	3,15 %

Разработано автором

Средний индекс разницы стоимости для 5 проектов составил 9,05 %, что находится в пределах 10 %. Данный показатель можно отнести к «зеленой зоне». Однако можно отметить два проекта (3, 4 кусты), где отклонение вышло за пределы 10 %. Это означает, что заложенные базы знаний, касающиеся стоимостных и расчетных моделей, не идеальны, и существует простор для их совершенствования.

Индекс для подвода дороги:

Таблица 4

Индекс разницы стоимости: подвод дороги

Куст	Значения из ЛСР, тыс. руб.	Значения из модели, тыс. руб.	Отклонение
1	12 265,038	11 842,836	3,5 %
2	33 775,120	29 789,656	12 %
3	29 251,480	26 371,964	9,8 %

Разработано автором

Средний индекс разницы стоимости CV для 3 проектов составил 8,43 %, что находится в пределах 10 %. Данный показатель можно отнести к «зеленой зоне». Однако можно отметить второй проект, где отклонение вышло за пределы 10 %. Это означает, что заложенные базы знаний, касающиеся стоимостных и расчетных моделей, не идеальны, и существует простор для их совершенствования.

Общий средний индекс CV составил 8,82 %, что говорит о достаточной точности для рассмотренных проектов. Такой индекс разницы стоимости удастся достичь благодаря возможности детальной настройки: указание актуального индекса сметной стоимости строительно-монтажных работ (СМР), указание стоимости песка, материалов, плеча возки ресурсов, указание процента типа местности от общей площади.

Для блока «подвод коммуникаций» было решено не производить сравнение для рассматриваемых проектов в виду малого набора работ и слабой вариативности их значений. Оценка индекса CV будет произведена в дальнейшем при расширении баз знаний и интегрировании большего количества проектов.

Для блока «бурение» используются осредненные стоимостные показатели, используемые при концептуальном проектировании.

На основании достаточной сходимости можно сделать вывод целесообразности использования модели для концептуальной оценки затрат и выбора рентабельного места КП без разработанной документации на этапе локальной оптимизации.

Оценка возможных рисков

Возможные риски касаются тех возможностей, когда модель будет показывать некорректные затраты, и, соответственно, сравнение вариантов будет неверным. Риски представлены в таблице 5.

Таблица 5

Сравнительные результаты для кейса 2

	Риск	Последствия	Мероприятия по снятию
1	Малая точность стоимостей работ, дополнительные работы в рабочей документации, неточность в топографической съемке	Неточное сравнение вариантов, Значительное увеличение стоимости (более 30 %) СМР по факту выхода документации	- Уточнение стоимости инертных материалов, плеча возки - Совершенствование стоимостных моделей
2	Изменение цен на строительство скважин	Неточное сравнение вариантов, удорожание стоимости строительства скважин	Уточнение прейскуранта сервисной компании и стоимостной модели
3	Удорожание предполагаемых к использованию ресурсов	Неточное сравнение вариантов, увеличение стоимости работ по факту выхода документации	Уточнение информации и стоимостной модели
4	Недоступность предполагаемых к использованию ресурсов	Неэффективное сравнение вариантов	Уточнение информации
5	Возникновение дополнительных затраты, связанных с возмещением ущерба биологическим ресурсам	Неэффективное сравнение вариантов	Уточнение информации

Разработано автором

Основные риски связаны с не учетом работ, с изменением стоимостей работ и материалов, с недоступностью материалов. Указанные риски экспертно оценены по вероятности и силе влияния, что отражает матрица рисков, представленная на рисунке 7.

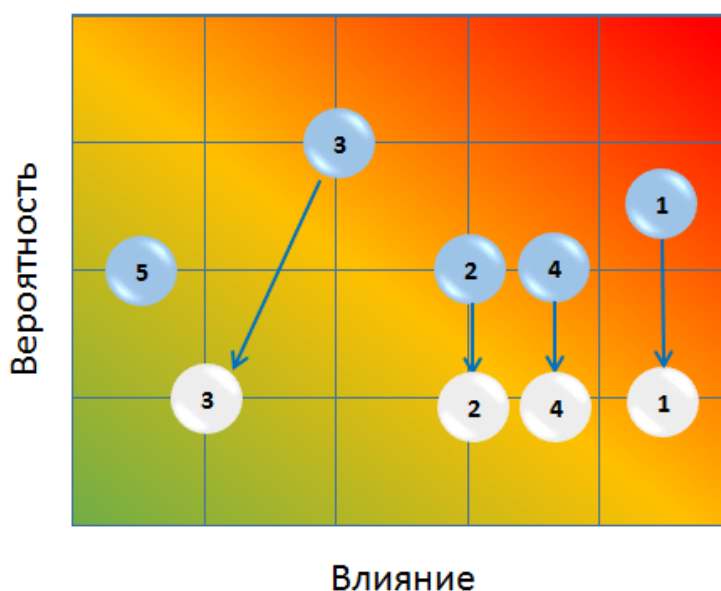


Рисунок 7. Матрица рисков (разработано автором)

Риски можно регулировать, периодическая актуализация информации о доступности материалов и стоимостях позволят снизить риски и увеличить точность расчетов и результативного сравнения.

Обсуждение

Разработанная модель не заменяет существующие программные комплексы по обустройству, а дополняет их. Главное отличие от существующих программ — это решение не комплексной, а локальной задачи с учетом детальных факторов затрат. Модель не противоречит существующим алгоритмам, отраженным в работах [5–9] и может дополнять их на этапе локальной оптимизации местоположения КП.

Применение модели целесообразно для кустов на сложном рельефе на этапе локальной оптимизации местоположения (предпроектная стадия) в целях расширений предполагаемых зон расположения кустовых площадок, и на этапе разработки проектной документации для ускоренной и более точной итерационной оценки степени рентабельности вариантов расположения.

Модель позволяет детализировано рассчитать затраты, увидеть их взаимосвязи. Поддерживает ручную вариативность капитальных затрат, ручную регулировку объемов и видов работ, возможна простая интеграция дополнительных затрат. По итогу позволяет сравнить затраты для разных просчитанных вариантов.

Заключение

Разработана интерактивная модель затрат и ограничений куста скважин, формализованная в виде онтологии. В модель заложены стоимостные модели и алгоритмы расчета.

Предложен новый подход к оценке капитальных затрат на кустовую площадку с помощью модели. Полученные результаты позволяют усовершенствовать и оцифровать этап локальной оптимизации местоположения кустовой площадки и выбирать оптимальное расположение с учетом комплексного многофакторного анализа затрат в отношении: бурения, инженерной подготовки, отсыпки дороги, подвода коммуникаций, доступности ресурсов и непредвиденных возможных затрат.

Достигнуты поставленные задачи:

1. Определены факторы капитальных затрат кустовой площадки, их взаимосвязи, определены возможные ограничения.
2. Факторы формализованы с помощью онтологической модели.
3. Интегрированы стоимостные модели, формулы, процесс расчета автоматизирован.
4. Успешно произведена апробация модели на месторождении X, отклонения стоимости от сметных расчетов составили 8,82 %
5. Точность значений оценена, определены риски и пути снижения их влияния.

Оцифровка этапа локальной оптимизации служит основой для дальнейшей автоматизации, которая предполагает возможность полностью автоматизированного расположения КП на местности с учетом топографии, доступности ресурсов и нюансов бурения, а также автоматический вывод объемов работ в соответствии с государственными элементными сметными нормативами (ГЭСН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ященко И.Г. Трудноизвлекаемые нефти: физикохимические свойства и закономерности размещения / И.Г. Ященко, Ю.М. Полищук, под ред. А.А. Новикова. — Томск: В-Спектр. — 2014, — 154 с.
2. Glukhikh I.N. Evaluating the Cost Efficiency of Systems Engineering in Oil and Gas Projects / I.N. Glukhikh, A.F. Mozhchil, M.O. Pisarev, O.Au. Arzykulov, K.Z. Nonieva. — DOI: 10.3390/asi3030039 // Appl. Syst. Innov. — 2020. — № 3(3), 39.
3. Коркишко А.Н. Применение системной инженерии для снижения затрат капитального строительства на месторождениях нефти и газа / А.Н. Коркишко, Д.И. Глухих, К.А. Опольский. — DOI: 10.51890/2587-7399-2021-6-1-76-82 // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. — 2021. — № 1(19). — С. 76–82.
4. Кибирев Е.А. Безлюдные месторождения: настоящее и будущее / Е.А. Кибирев, М.И. Кузьмин, А.Ю. Зацепин, Е.В. Клинков — DOI: 10.24887/2587-7399-2020-1-64-68 // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. — 2020. — № 1(15).
5. Можчиль А.Ф. Техничко-экономическая оптимизация кустования скважин при интегрированном концептуальном проектировании / А.Ф. Можчиль, С.В. Третьяков, Д.Е. Дмитриев, Н.З. Гильмутдинова, С.В. Есипов, А.А. Карачев // Нефтяное хозяйство. — 2016. — № 4. — с. 126–129.
6. Самоловов Д.А. Техничко-экономическое обоснование оптимальной схемы кустования скважин / Д.А. Самоловов // Нефтяное хозяйство. — 2012. — № 12. — с. 23–25.
7. Нестерова Т.Н. Проектирование и оптимизация траекторий скважин месторождения / Т.Н. Нестерова, И.А. Поздеев // Бурение и нефть. — 2015. — № 6. — с. 66–69.
8. Бакиров Д.Л. Оптимизация затрат на бурение и обустройство месторождения в условиях геологической неопределенности / Д.Л. Бакиров, М.М. Фаттахов, Я.И. Баранников, А.В. Витязь, Р.Р. Абдрахманов. — DOI: 10.30713/0130-3872-2018-10-22-28 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — 2018. — № 10. — с. 22–28.
9. Abramov A. Optimization of well pad design and drilling — well clustering / A. Abravom. — DOI: 10.1016/S1876-3804(19)60041-8 // Petroleum Exploration and Development. — 2019. — № 46(3). — с. 614–620.
10. Glukhikh I. Case Based Reasoning for managing urban infrastructure complex technological objects / Glukhikh I., Glukhikh D. // ITIDMS2021 / CEUR Workshop Proceedings, 2021. — № 2843. — URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2843/paper038.pdf> (Дата обращения 17.07.2021).

Glukhikh Dmitry Igorevich

University of Tyumen, Tyumen, Russia
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
E-mail: gluhihdmitry@gmail.com

Glukhikh Igor Nikolaevich

University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: igluhih@utmn.ru

The interactive model for automatic calculation of the well cluster construction complex cost

Abstract. Currently, companies are consuming transitions to the development of the difficult oil and gas fields. The difficulty implies factors: features of geological conditions, remote geographic location, features of the relief. The development of new oil and gas fields requires design approaches that ensure maximum profitability on complex assets. One of the promising development options is the digitalization and automation of design processes. The paper proposes a new approach to assessing capital costs when designing well pads in the field. A new method is proposed for calculating costs and restrictions at the stage of resources for optimizing a well pad, taking into account detailed topography and resource availability through digitalization and automation. The problem was solved using an interactive ontological model with built-in knowledge bases and calculation algorithms. The model was tested at the field, the possible risks of using the model were assessed, and sufficient accuracy of the obtained values was obtained. The results of the work make it possible to improve the stage of optimization of the well pad, taking into account the costs of resources: drilling, engineering preparation, backfilling of the road, supply of communications, availability of resources and unforeseen costs. The work supports the trends of digitalization and technological processes and business processes. The developed model made it possible to digitize the stage of optimizing the location of the well pad, to automate the multifactor calculation of costs and restrictions. The results make the possible full automation for definition well pad placement, later on, taking into account detailed topography and resource availability.

Keywords: well cluster construction; field facilities construction; well cluster; capital expenditures; designing; site preparation; drilling